

2 Trabalhos anteriores

Dinâmica dos fluidos é um tópico fortemente explorado, por muitos anos, por toda a comunidade de computação gráfica. Por isso, colocaremos aqui apenas trabalhos que tenham maior relação com ele.

Simulações de fluido baseadas em malhas são usadas na indústria cinematográfica há mais de vinte e cinco anos. Apesar do realismo que essas simulações atingem, elas estão muito longe de atingir velocidades interativas, pois as aplicações que usam diretamente métodos de dinâmica de fluidos computacional são difíceis de ser configuradas e controladas por pessoas que não têm um conhecimento elevado do assunto. Por isso, no começo dos anos 1990 houve muitas pesquisas, visando atingir uma boa simulação, mesmo sacrificando alguns princípios físicos.

Uma das primeiras tentativas de acelerar uma simulação de fluidos, sacrificando realismo, foi feita por (kass1990), onde foi usada uma versão simplificada das equações de água rasa, em duas dimensões, e um campo de alturas para simular as ondas na água.

Stam, em (stam1993), decompôs um fluido turbulento em duas componentes, onde o espectro de Kolmogorov foi usado para modelar as baixas frequências da turbulência. (foster1996) usou um esquema de integração explícita para resolver as equações de Navier-Stokes completas, em uma malha grossa, para capturar o estado dos campos de pressão e densidade do fluido. Condições de fronteira como objetos sólidos e ar estavam presentes na simula-



Figura 2.1: Simulação obtida no trabalho (foster1997)

ção e, juntamente com isso, o uso de um algoritmo de busca de superfície para acompanhar a interface do fluido.

Mais tarde, (foster1997) aplicou um método parecido para simular gases quentes e turbulentos (veja a figura 2), porém, esse tipo de simulação tem um custo computacional muito elevado, impossibilitando até ao hardware atual de realizar simulações em tempo real.

Para reduzir esse tipo de problema, (stam1999) usou um esquema semi-Lagrangeano implícito para resolver as mesmas equações, que neste trabalho tornaram-se totalmente estáveis. Para simular gases, veja a figura 2, que mostra o resultado das simulações. Mas, neste trabalho, a dissipação numérica se tornou um grande problema. Então, para reduzir a dissipação, foi introduzida a técnica que conhecemos por confinamento de vorticidade, ou seja, uma quantidade da energia perdida é injetada de volta no fluido (stam2001).

(foster2001) e (enright2002) aplicaram esse método para avançar o campo da velocidade, assim como em (nguyen2002) para simular fluxo em duas fases. Da mesma maneira, (rasmussen2003), usou e esquema semi-Lagrangeano para simular fumaça em larga escala em duas dimensões.

Com o aprimoramento da GPU, principalmente com a entrada programável, muitas pessoas começaram a usar a placa gráfica para resolver vários tipos de problemas computacionais, usando a GPU como um processador de stream. Em 2001, (rumpf2001), com a multitextura do OpenGL, resolveu a equação da difusão para suavizar imagens. Em 2002, (harris2002) fez uso dos registradores e texture shader para conseguir interação com a simulação de fluido.

A partir do ano de 2003, com a entrada programável para fragmentos em GPU, (krueger2003) utilizou a GPU para resolver problemas de álgebra linear e aplicou-os na resolução da equação da onda e equações de Navier-Stokes em GPU. Neste trabalho, porém, foi utilizado um esquema explícito, bem como o passo semi-Lagrangeano. As fronteiras são pobremente tratadas, não servindo para simulações mais gerais. Por tratar-se de um esquema implícito, o passo de tempo a ser tomado deve ser pequeno.

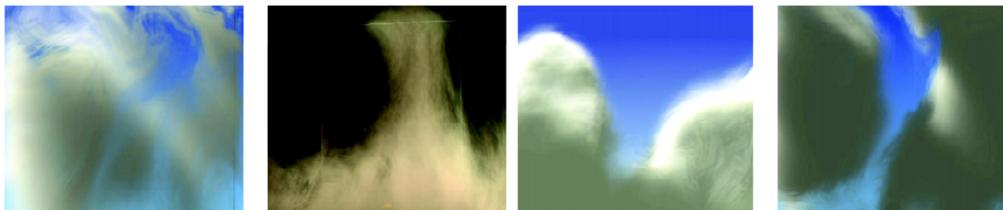


Figura 2.2: Resultado obtido no trabalho (stam1999).

(bolz2003) rearranjaram matrizes esparsas em texturas e utilizaram um esquema adaptativo para resolver o problema de simulação de fluido, aplicando, igualmente, as idéias de projeção de (stam1999). As condições de fronteira tratadas foram simples retângulos e a simulação ficou estável, porém, restrita a domínios simples.

Similarmente, (goodnight2003), usou o método multigrid para resolver problemas de valor de contorno em GPU, porém, não o aplicou em problemas envolvendo equações de Navier-Stokes. (harris2003) resolveu as equações de Navier-Stokes usando o método da decomposição de (stam1999), utilizando-o para animar nuvens, mas, igualmente não se preocupou com as fronteiras.

O trabalho (harris2004) mostra uma implementação em GPU do método desenvolvido em (stam1999). A simulação foi desenvolvida com o auxílio da linguagem Cg (C for graphics), que permite programação de alto nível para hardware gráfico. Essa simulação obteve velocidade de processamento que permite iteração com o fluido. Um exemplo de simulação está presente na figura 2.

(comba2004) apresentou um esquema explícito em GPU, conhecido com SMAC, para simular fluido com condições de fronteira. O método também aplica a idéia de advecção, descrito em (stam1999).

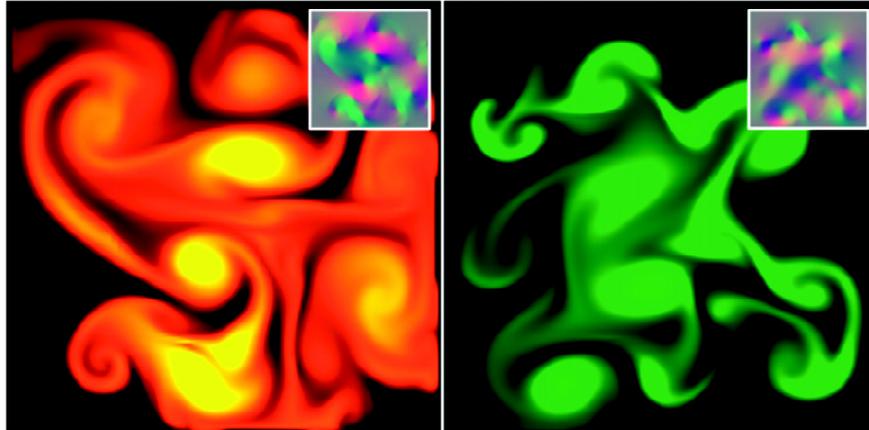


Figura 2.3: Simulação obtida no trabalho (harris2004), a tinta sendo carregada por um fluido. Esse aplicativo atinge taxas interativas.